

УДК 519.711

Азарова А.О.

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ НА ПОРОГОВИХ ЕЛЕМЕНТАХ**

Концепція системи прийняття рішення тісно пов'язана з поняттям ієрархічності. Це пояснюється необхідністю розв'язування такої ділеми: прийняття рішення повинно здійснюватися достатньо часто в дуже обмежені строки, але поряд з цим неможливо прогнозувати всі наслідки відносно послідовності різних альтернативних дій. Крім того відсутня достатня кількість знань про існуючі кореляційні зв'язки. Це позбавляє можливості повного формалізованого опису об'єкта дослідження, яке необхідно для раціонального вибору відповідного рішення.

Розглянута проблема виникає при прийнятті рішення у багатьох складних ситуаційних аспектах. Прикладом може слугувати необхідність прийняття рішення у таких галузях людської діяльності як медицина, фінансовий менеджмент, штучний інтелект, промислове керування та ін.

Специфіка прийняття рішення, наприклад, у банківській сфері є такою, що рішення про надання кредиту або складання інвестиційного портфеля приймається в обмежений термін, що зумовлюється необхідністю швидкого кругообігу грошей для максимізації прибутку. З іншого боку, необхідно перед прийманням відповідного рішення зважити ризико-прибуткове співвідношення при таких операціях, для чого повинно бути зібрано та систематизовано якомога більша кількість інформації про об'єкт дослідження.

Ієрархічність у прийнятті рішення не тільки є засобом розв'язання вищерозглянутої ділеми, але й вона характеризує природу ситуаційного аспекту. Зокрема, проблемі прийняття кінцевого раціонального рішення передуює розв'язання цілої низки послідовно розташованих більш простіших підпроблем. Наприклад, складання раціонального

інвестиційного портфеля можливе тільки за умови розв'язання таких підпроблем: отримання інформації про існуючі цінні папери на фондовому ринку; визначення параметрів, що дозволяють оцінити переваги та недоліки цих паперів при складанні інвестиційного портфеля банку; з'ясувати їхнє ризико-прибуткове співвідношення та інші характеристики, а лише потім формувати портфель, враховуючи існуючу інвестиційну банківську стратегію.

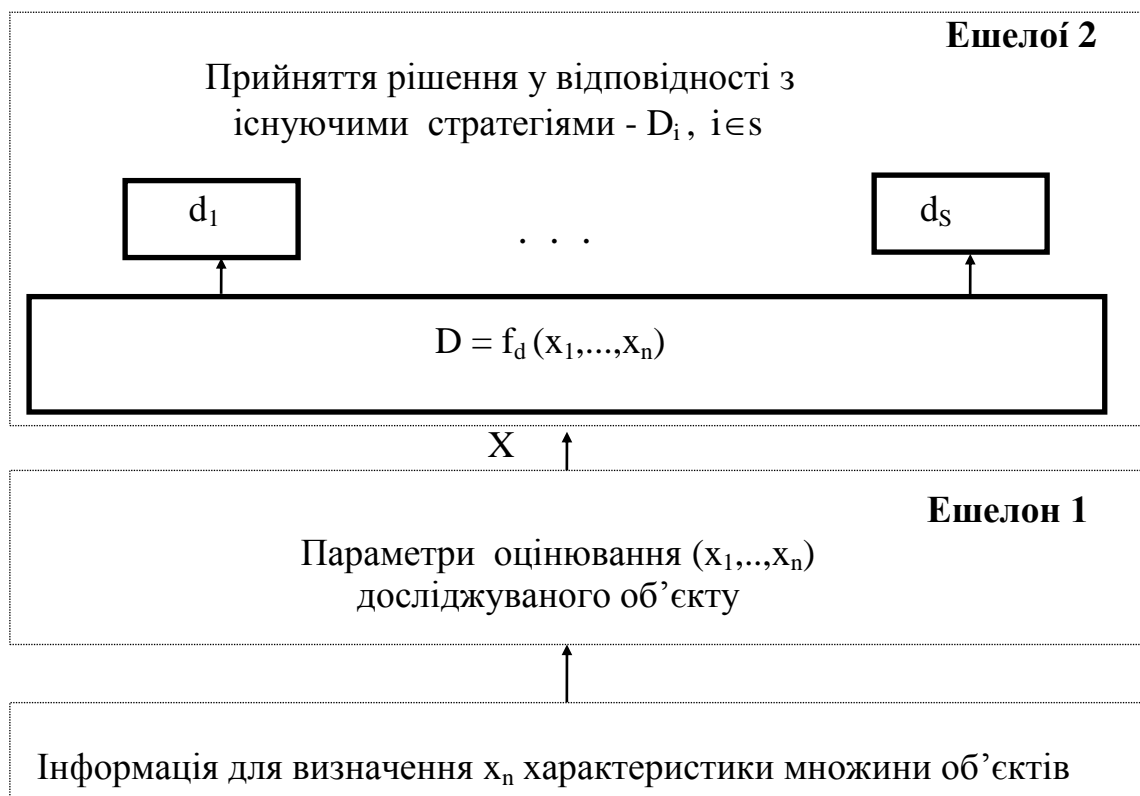
Розв'язання вказаного класу задач базується на застосуванні ієрархічних систем прийняття рішення. Структура такої системи може мати вигляд, зображений на рис. 1.

Автором пропонується будувати систему прийняття раціонального рішення на класі багатоешелонних багатоваріантних систем. На *першому ешелоні* з'ясовуються необхідні вхідні параметри  $(x_1, \dots, x_n)$ , які характеризують досліджуваний об'єкт. При цьому важливим етапом є визначення оптимальної кількості параметрів, що дають можливість найповнішого опису об'єкту, його всебічної характеристики. Крім того, множина початкових оцінюючих характеристик повинна бути такою, щоб вона дійсно відповідала специфіці стратегій прийняття кінцевого рішення. Необхідно визначити, кількісні чи якісні характеристики використовуються, можливі кореляційні зв'язки між ними й т.п. На *другому ешелоні* визначається відповідність об'єкту одній із  $s$  стратегій (вихідний параметр):  $D = f_d(x_1, \dots, x_s)$ . В даному випадку кількість стратегій має сенс бути не меншою ніж дві. Необхідно зауважити, що збільшення кількості стратегій пропонується робити раціонально, враховуючи подальшу необхідність складати вектори початкових значень для кожної із стратегій.

Існує багато підходів щодо формалізації ієрархічних систем прийняття рішення. Але вони не дозволяють в достатній мірі врахувати вагову різницю оцінюючих параметрів, що характеризують досліджуваний

об'єкт. А це суттєво впливає на раціональність прийнятого рішення. Крім того апарат теорії синтезу схем на порогових елементах дозволяє приймати кінцеве рішення (отримувати вихідний параметр) при будь-якій кількості вхідних параметрів; він значно спрощує процес комп'ютерної реалізації запропонованої методики. Таким чином, для формалізації розглянутої ієрархічної моделі автором запропоновано використовувати теорію синтезу схем на порогових елементах.

Нехай *пороговий елемент* (ПЕ) - це пристрій, що має  $n$  входів та один вихід [1]. Входи ПЕ характеризуються *вагами*  $w_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). На кожний вхід поступає сигнал  $u_i$ , що приймає значення  $a_i$ :



**Рис.1 Структурна схема багатоешелонної багатоваріантної системи прийняття рішення щодо належності об'єкта до одної з стратегій**

$$\begin{cases} a_i = 0, \text{ якщо } x_i \notin [x_{i\min} \dots x_{i\max}] \\ a_i = 1, \text{ якщо } x_i \in [x_{i\min} \dots x_{i\max}] \end{cases} - \text{ для кожної стратегії } (1),$$

де  $x_{i\min}$  ( $x_{i\max}$ ) - це мінімальне (максимальне) значення діапазону змінення  $x_i$  характеристики об'єкту, у межах якого воно відповідає одній з  $S$  стратегій.

Сигнал на виході порогового елементу дорівнює одиниці, якщо

$$\sum_{i=1}^n w_i y_i > T, \quad (2),$$

де  $T$  - поріг ПЕ, тобто, якщо цей об'єкт дійсно належить до визначеної стратегії; та дорівнює нулю, якщо  $\sum_{i=1}^n w_i y_i \leq T$  (3), тобто, якщо об'єкт не підлягає цій стратегії.

Робота ПЕ  $[w_1, w_2, \dots, w_n; T]$  може бути описана перемикальною функцією  $f(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , що дорівнює одиниці на тих наборах аргументів  $y_i$ , для яких виконується нерівність (2), й дорівнює нулю на тих наборах, для яких виконується нерівність (3). Будь-який пороговий елемент реалізує тільки одну порогову функцію. Таким чином, визначивши пороговий елемент та його ваги, ми підставимо отримані на першому ешелоні характеристики об'єкту у вираз (1) й отримаємо для кожної стратегії  $n$ -мірний вектор значень  $a_n$ , вектора  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$  і, саме при цьому векторі  $Y$  для певної стратегії вираз (2) буде справедливим, якщо об'єкт підлягає саме цій стратегії. Якщо навпаки, то буде справедливим вираз (3). Розглянута задача є **задачею аналізу ПЕ**. Але спершу необхідно вирішити зворотню задачу - **задачу синтезу порогового елемента**, що зводиться до визначення ваг  $w_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) й порогу  $T$  порогового елементу, що реалізує задану перемикальну функцію  $f(y_1, y_2, \dots, y_n)$ .

Таким чином, **алгоритм прийняття рішення щодо належності об'єкту до однієї із стратегій базується на розв'язанні задач синтезу та аналізу порогового елементу та реалізується таким чином:**

**Крок 1.** Визначається кількість  $n$  характеристик  $x_n$ , оцінюючих об'єкт дослідження.

**Крок 2.** З'ясовується множина вихідних характеристик (кількість стратегій)  $D = [d_1 \dots d_s]$ .

**Крок 3.** Для кожної стратегії  $d_i$  ( $i \in S$ ) визначаються межі змінення  $[x_{imin} \dots x_{imax}]$  кожної з оцінюючих характеристик  $x_i$ .

**Крок 4.** Підраховуються значення оцінюючих характеристик  $x_i$  та складається вектор вхідних сигналів  $y_i$ , використовуючи (1).

**Крок 5.** Визначається перемикальна функція  $f(y_1, \dots, y_n)$ , що задається у доконаній диз'юнктивній нормальній формі, для якої й необхідно синтезувати ПЕ.

**Крок 6.** Визначаються характеристичні параметри  $r_i(f)$  заданої функції  $f(y_1, y_2, \dots, y_n)$  та встановлюються співвідношення між вагами ПЕ за таким правилом: якщо  $r_i(f) > r_j(f)$ , то  $w_i > w_j$ ; якщо  $r_i(f) = r_j(f)$ , то  $w_i = w_j$ .

**Крок 7.** Знаходимо мінімальні диз'юнктивні нормальні форми функції  $f(y_1, y_2, \dots, y_n)$  та її заперечення  $\overline{f(y_1, y_2, \dots, y_n)}$ .

Для випадку  $n > 5$  автором запропоновано для спрощення мінімізації функції здійснювати ранжування вхідних характеристик у відповідності з їх впливовістю на прийняття кінцевого рішення, так що кожний з коефіцієнтів більш високих рівнів дорівнював би сукупності усіх коефіцієнтів нижчого рівня, наприклад, для випадку  $n=14$  коефіцієнт  $y_2$  може компенсуватися сукупністю коефіцієнтів:  $\{y_1, y_6, y_7, y_9, y_{10}, y_{14}\}$ ; а  $y_{13}$  -  $\{y_2, y_3, y_4, y_5, y_8\}$ . Це дає можливість враховувати об'єкт з будь-якими характеристиками, при будь-яких їх комбінаціях.

$y_{11}, y_{12}, y_{13}$	III рівень
$y_2, y_3, y_4, y_5, y_8$	II рівень
$y_1, y_6, y_7, y_9, y_{10}, y_{14}$	I рівень

**Крок 8.** Складається скорочена система нерівностей для заданої функції.

**Крок 9.** На базі співвідношень між вагами ПЕ із скороченої системи виключаються зайві нерівності з урахуванням ранжування.

**Крок 10.** Визначається таке значення порогу  $T$  і такі значення  $w_i$ , які задовільняють системі нерівностей, що отримана на кроці 9, і обертають в

мінімум лінійну форму:  $R = T + \sum_{i=1}^n w_i$ .

**Крок 11.** Для аналізу ПЕ отримаємо для будь-якого досліджуваного об'єкту  $s$  (кількість стратегій)  $n$ -вимірних векторів  $Y = [y_1 \dots y_n]$  і підрахуємо

значення сум  $\sum_{i=1}^n w_i y_i$  для цих векторів (тобто для кожної стратегії).

**Крок 12.** Порівняємо отримані значення сум з порогом  $T$ . Якщо  $\sum_{i=1}^n w_i y_i > T$

, то функція при цьому векторі приймає значення, що дорівнює одиниці, тобто об'єкт підлягає тій стратегії, що характеризується саме цим набором. У протилежному випадку значення функції при цьому векторі дорівнює нулю.

Розглянутий алгоритм можна, зокрема, використовувати, наприклад, у банківській сфері. Нехай прийняття рішення щодо складання інвестиційного портфеля може бути описано трьома вихідними параметрами (три інвестиційні стратегії банку  $d_i$   $[i=\overline{1, 3}]$ ), вхідними характеристиками  $n=14$ . Тоді на прикладі 6 цінних паперів, що представлені на фондовій біржі та описуються відповідно 14 вхідними оцінюючими параметрами, значення яких обчислюються на першому ешелоні розглянутої системи. Результат роботи алгоритму наведені у таблиці 1.

У стовпчиках 2-4 кольором виділені ті комірки, значення сум в яких

$\sum_{i=1}^{14} w_i y_i$  перевищують мінімальний поріг 89.

Таблиця 1

Цінний папір	$\sum_{i=1}^{14} w_i y_i$ для кон- серватив. політ.	$\sum_{i=1}^{14} w_i y_i$ для по- мірної політ.	$\sum_{i=1}^{14} w_i y_i$ для аг- ресивної політ.
Цінний папір 1	126	66	28
Цінний папір 2	2	15	126
Цінний папір 3	33	95	58
Цінний папір 4	44	113	27
Цінний папір 5	59	119	66
Цінний папір 6	2	21	125

Виходячи з таблиці, цінний папір 1 належить до того портфеля банку, який керується консервативною інвестиційною стратегією, цінні папери 3-5 - помірною інвестиційною стратегією, цінні папери 2, 6 - агресивною інвестиційною стратегією.

Складено відповідний пакет програм для комп'ютерної реалізації розробленої системи, що пристосований для комп'ютерів класу IBM та сумісних з ним. Даний програмний продукт створено для використання в локальній корпоративній мережі. Це дає можливість отримати оперативну інформацію про об'єкт дослідження декількох користувачів водночас.

**Висновки.** Запропонована багатоешелонна багатоваріантна система прийняття рішення на базі теорії синтезу схем на порогових елементах дозволяє формалізувати процес прийняття рішення щодо належності досліджуваного об'єкту до однієї із стратегій.

Вона дозволяє спростити процес формалізації даних для прийняття рішення, завдяки можливості однозначного зображення необхідної інформації й обробки її комп'ютерним шляхом.

Завдяки використанню програмного продукту в межах локальної мережі, стає можливим отримувати оперативну інформацію не тільки працівниками, які відповідають за прийняття рішення, але й їх безпосередньому керівництву та іншим зацікавленим особам.

Запропонована модель та методика можуть використовуватися для розв'язання широкого кола задач, зокрема, стає можливим більш точно оцінювання якості цінних паперів на ринку, платоспроможності емітентів цінних паперів, визначення ризику окремого цінного паперу, здійснювати складання інвестиційного портфеля за існуючими банківськими стратегіями, що дає змогу у подальшому отримувати оптимальний інвестиційний портфель, використовуючи апарат лінійного програмування.

### **Література**

1. Вавилов Е.Н., Егоров Б.М., Ланцев В.С., Тоценко В.Г. Синтез схем на пороговых элементах. М.: Советское радио. 1970.-с. 368.